

第V部門

📅 2024年9月5日(木) 11:10 ~ 12:30 📍 C201(川内北キャンパス講義棟C棟)

## サステナビリティ (1)

座長：山田 悠二（山口大学）

11:10 ~ 11:20

### [V-39] 空隙構造の異なるセメント硬化体における CO<sub>2</sub> 吸収量の検討

\*廣杉 海琴<sup>1</sup>、根岸 隼人<sup>2</sup>、八尋 瑠奈<sup>1</sup>、伊代田 岳史<sup>2</sup> (1. 芝浦工業大学大学院、2. 芝浦工業大学)

キーワード：CO<sub>2</sub>吸収、炭酸化、高炉スラグ微粉末、空隙構造

日本では、2050年までにカーボンニュートラルの実現を目指すことが宣言されている。それに伴い、セメント・コンクリート分野でもCO<sub>2</sub>削減を積極的に進めている。そこで本研究は、セメント種類、W/C、養生期間を変化させ、炭酸化前の空隙構造が異なる硬化体を用いて、CO<sub>2</sub>の吸収量の違いを検討した。炭酸化前の空隙構造は、W/Cが高いほど大きい空隙を持ち、養生期間が長いほど、緻密な空隙が多く存在することが分かった。炭酸化後のCO<sub>2</sub>吸収量は、炭酸化前の空隙構造が粗大であるBC、高W/C、養生期間が短い硬化体ほど奥までCO<sub>2</sub>が浸透し、CO<sub>2</sub>を固定できることが分かった。

空隙構造の異なるセメント硬化体における CO<sub>2</sub> 吸収量の検討

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○廣杉 海琴  
芝浦工業大学 学生会員 根岸 隼人  
芝浦工業大学大学院 学生会員 八尋 瑠奈  
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

現在、世界全体で地球温暖化への対応が必要に迫られている。日本でも、2050 年までにカーボンニュートラルの実現を目指すことが宣言されている。それに伴い、各分野において温室効果ガスの吸収や固定に向けた取り組みが行われており、セメント・コンクリート分野でも CO<sub>2</sub> 削減を積極的に進めている。特にコンクリートは炭酸化により硬化体中の CaO と CO<sub>2</sub> の反応が生じ硬化体内に CO<sub>2</sub> を固定することができることが知られている。

既往の研究<sup>1)</sup>より、粉体試料を用いた CO<sub>2</sub> の吸収能力の定量化において、セメント種類に依存する CaO 量の増加に伴い、CO<sub>2</sub> 吸収量が増加することが確認された。一方で、セメント種類や水セメント比 (W/C)、養生期間中の水和反応が進行することで空隙構造が時系列で変化し、ガスの浸透による中性化深さが異なる。そこで本研究は、セメント種類、W/C、養生期間を変化させ、炭酸化前の空隙構造が異なる硬化体を用いて、CO<sub>2</sub> の吸収量の違いを検討した。

2. 炭酸化前の空隙構造

2. 1 使用材料および試験体諸元

表-1 に検討した配合を示す。セメント種は普通ポルトランドセメント (OPC)、混和材として高炉スラグ微粉末 (GGBS) を OPC に対して 50% (BB)、70% (BC) 置換した。空隙を変化させるため、W/C を 50% (N50、BB50、BC50)、100% (N100、BB100、BC100) で比較した。また、全配合においてブリーディングによる影響を防止するため、増粘剤を水に対して 2.5% 使用した。

本研究では骨材の影響を除去するため、セメントペーストを用いて、5×10×100mm の試験体を作製した。打ち込んだ試験体を 3 日間封緘養生し、養生

表-1 配合と養生期間

| 配合 | 混和材  | 置換率 | CaO割合  | W/C・養生期間                      |
|----|------|-----|--------|-------------------------------|
| N  | -    | -   | 65.01% | 50%・3日<br>100%・3日<br>100%・28日 |
| BB | GGBS | 50% | 52.51% |                               |
| BC |      | 70% | 47.50% |                               |

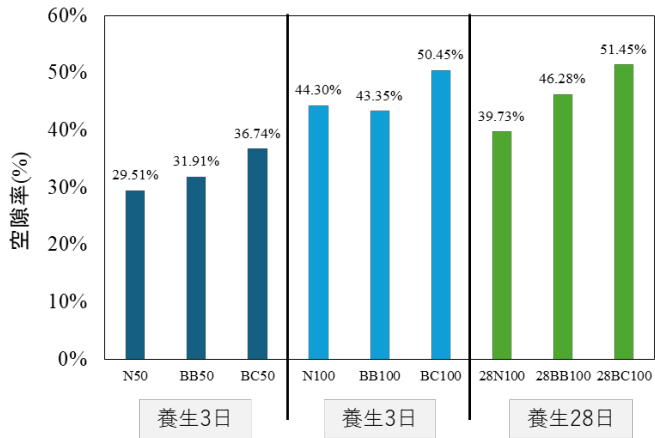


図-1 アルキメデス法による空隙率

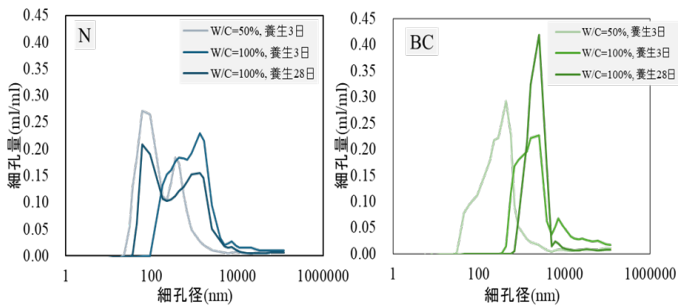
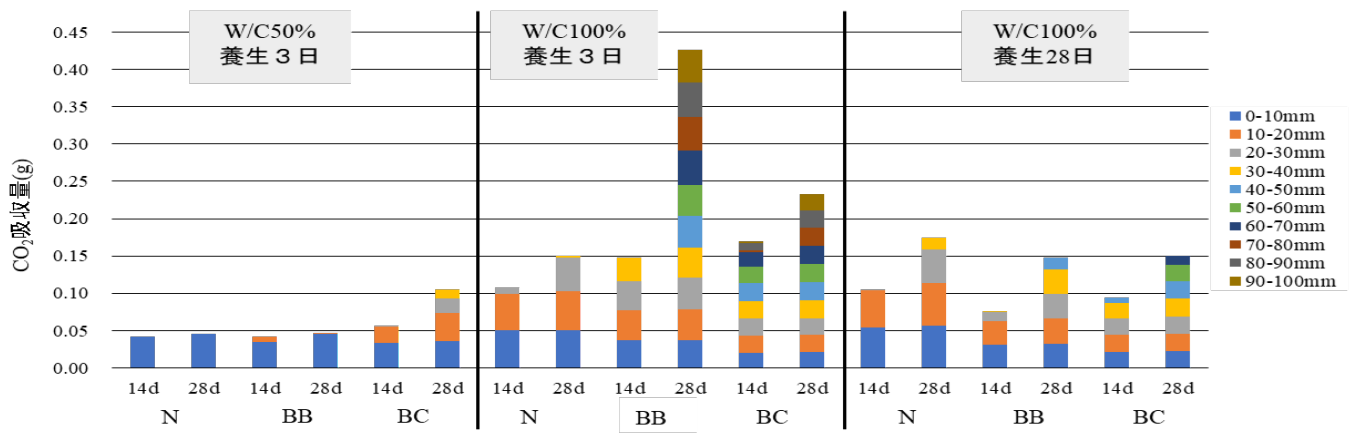


図-2 細孔径分布

終了後、硬化体中の水分状態を一定にするため、温度 20℃、相対湿度 60% のグローブボックスで恒量になるまで 35 日間調湿を行った。その後、炭酸化前の空隙構造を確認するため、アルキメデス法による空隙率と水銀圧入式ポロシメータ (MIP) より細孔径分布を測定した。

2. 2 空隙構造

図-1 にアルキメデス法による炭酸化前の空隙率の

図-3 硬化体の CO<sub>2</sub> 吸収量

結果を示す。GGBS 高置換かつ高 W/C であるほど総空隙率は増加していることが分かった。図-2 に MIP で計測した炭酸化前の N、BC の細孔径分布の結果を示す。BC の方が大きい細孔径が多く存在することが分かった。2 つの結果から、炭酸化前は、W/C が高いほど大きい空隙を持ち、養生期間が長いほど水和反応が進行するため、緻密な空隙は多く存在するようになることが分かった。

### 3. 炭酸化による CO<sub>2</sub> 吸収量の違い

#### 3. 1 炭酸化方法

調湿終了後、一面から CO<sub>2</sub> を吸収させるため 5×10mm 以外の面をアルミテープでシールし、促進中性化槽（温度 20℃、相対湿度 60%、CO<sub>2</sub> 濃度 20%）で炭酸化を行った。炭酸化 14 日と 28 日において、フェノールフタレイン溶液を用いて中性化深さを計測し、アルミテープの開放面から 10mm 間隔でカットし、アセトンで水和停止処理を施した。

#### 3. 2 CO<sub>2</sub> 吸収量の定量化方法

示差熱重量分析 (TG-DTA) により炭酸カルシウム (CC) の脱炭酸量を測定し、式 (I) ~ (III) を用いて CC 脱炭酸量、CO<sub>2</sub> 吸収量、10mm ごとの吸収量を算出した。

$$\text{CC 脱炭酸率}(\%) = \frac{\text{CC の脱炭酸量}(\text{mg})}{\text{測定試料質量}(\text{mg})} \times 100 \quad (\text{I})$$

$$\text{CO}_2 \text{ 吸収量}(\%) = \text{炭酸化後 CC 脱炭酸率} - \text{炭酸化前 CC 脱炭酸率} \quad (\text{II})$$

$$\begin{aligned} \text{10mm ごとの CO}_2 \text{ 吸収量}(\text{g}) &= \text{CO}_2 \text{ 吸収量}(\%) \times \text{かさ密度}(\text{g}/\text{cm}^3) \\ &\quad \times \text{体積}(0.5\text{cm}^3) \\ &\quad \times (1 - \text{空隙率}(\%)) \quad (\text{III}) \end{aligned}$$

### 3. 3 実験結果および考察

図-3 に異なるセメント種、W/C、養生期間の硬化体の炭酸化 14 日と 28 日における CO<sub>2</sub> 吸収量の結果を示す。セメント種に着目すると、N の方が 10mm ほどの吸収量が多いことが確認された。これは、N は CaO の割合が多いため、CO<sub>2</sub> を吸収する能力が高いためである。次に W/C で比較すると、100%の方が、CO<sub>2</sub> 吸収量が増加することを確認した。さらに養生期間が長いほど、CO<sub>2</sub> の吸収量が減少することが分かった。つまり、炭酸化前の空隙構造が粗大である BC、高 W/C、養生期間が短い硬化体ほど奥まで CO<sub>2</sub> が浸透し、CO<sub>2</sub> を固定できることが分かった。

#### 4. まとめ

- (1) 炭酸化前の空隙構造は、水セメント比が高く、養生期間が長いほど緻密な構造となる。
- (2) 炭酸化後の 10mm 層での CO<sub>2</sub> 吸収量は、水セメント比が低く、炭酸化期間が長期である N ほど、硬化体中の有効な CaO が多くなり CO<sub>2</sub> を多く固定することが確認された。一方で、炭酸化前の空隙構造が粗大であるほど、CO<sub>2</sub> の浸透が深くまで到達し、奥の層まで固定できることが分かった。

#### 参考文献

- (1) 八尋瑠奈ほか：W/C やセメント種類が異なる配合における CO<sub>2</sub> 吸収量の定量化に向けた検討、土木学会全国大会第 78 回年次学術講演会要旨、2023 年
- (2) 後藤誠史ほか：セメント硬化体の炭酸化機構の解明—自然環境と促進環境の違い—セメント・コンクリート No.887、p.39-43、2021 年